

# PALEOSUELOS NEOGENOS EN EL AREA DE SAN ESTEBAN DE GORMAZ - EL BURGO DE OSMÁ: IMPLICACIONES SEDIMENTOLOGICAS Y PALEOGEOGRAFICAS.

M. C. Ramos Martín (1); G. Alonso Gavilán (1) y F. J. Sánchez Benavides (1)

(1) Area de Estratigrafía. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. C/ Parque s/n, 37008 Salamanca.

## RESUMEN

Los sedimentos neógenos de la subcuenca de Osma (Soria) presentan rasgos paleoedáficos. El análisis sedimentológico y petrológico de estos paleosuelos neógenos ha permitido definir un conjunto de facies que genéticamente asociadas, dentro de un ambiente sedimentario fluvio-lacustre, caracterizan dos subambientes: zona de encharcamiento palustre (calizas con nodulizaciones férricas, caliza palustre nodulizada, caliche) y otra zona lacustre somera (caliza grumoso-peletoidal, caliza laminada estromatolítica, biomicrita-bioesparita algal). Ambas asociaciones presentan relaciones genéticas comunes con la llanura de inundación de un sistema fluvial pero con características propias que las hacen diferentes entre sí. Estos atributos permiten realizar conjeturas respecto a parámetros batimétricos de las áreas encharcadas relacionadas con oscilaciones de la lámina de agua y procesos edáficos.

Las características litológicas y texturales confirman la existencia de las cuatro unidades litoestratigráficas que configuran la columna estratigráfica general de la región. Por otro lado, las variaciones verticales observadas permiten deducir modificaciones en la periodicidad del clima mediterráneo durante el Neógeno, apreciándose una tendencia a presentar estaciones más húmedas y frías.

**Palabras clave:** Paleosuelos, sedimentos continentales, caliche, Neógeno, Burgo de Osma, Soria, Cuenca del Duero.

## ABSTRACT

Neogene deposits of the Osma Basin (Soria province) show characteristic of fossil soils. Facies analysis of these deposits show evidence of their deposition in a fluvio-lacustrine environment. The characteristics of Neogene deposits of the Osma Basin (Soria province) indicate that they are fossil soils. Two different subenvironments have been identified: a palustrine zone represented by limestones with ferruginous nodules, palustrine nodular limestone, calcretes and a shallow lacustrine zone formed by clotted-peloidal limestone, laminar stromatolitic limestone, algal biomicrite-biosparite. The above mentioned facies associations are genetically related with the floodplain of fluvial system, but particular characteristics are used in this study to infer parameters as palaeodepths of the flooded areas, water-table oscillations and edaphic processes.

Lithological and textural evidence confirm the existence of four lithostratigraphic units in the overall succession of the area. The observed succession of vertical variations indicates modification of the seasonality of the Mediterranean-type climatic pattern which dominated during the Neogene, displaying a tendency towards cooler and wetter seasons.

**Key words:** Palaeosoles, continental sedimentation, caliche, Neogene, Burgo de Osma, Soria, Duero Basin, Spain.

Ramos Martín, M. C., Alonso Gavilán, G. y Sánchez Benavides F. J. (1992): Paleosuelos Neógenos en el área de San Esteban de Gormaz-El Burgo de Osma: Implicaciones sedimentológicas y paleogeográficas. *Rev. Soc. Geol. España*.

Ramos Martín, M. C., Alonso Gavilán, G. y Sánchez Benavides F. J. (1992): Neogene palaeosoils in the San Esteban de Gormaz-Burgo de Osma area: Sedimentological and palaeogeographic inferences. *Rev. Soc. Geol. España*.

## 1. INTRODUCCION

La Subcuenca de Osma, situada en el extremo suroeste de la Depresión del Duero (Fig.1), se integra dentro del

denominado corredor de Osma y es el punto de enlace de dos cuencas intracratónicas de origen tectónico: Duero y Almazán. La segunda constituye una apófisis de la primera con características geológicas diferentes.

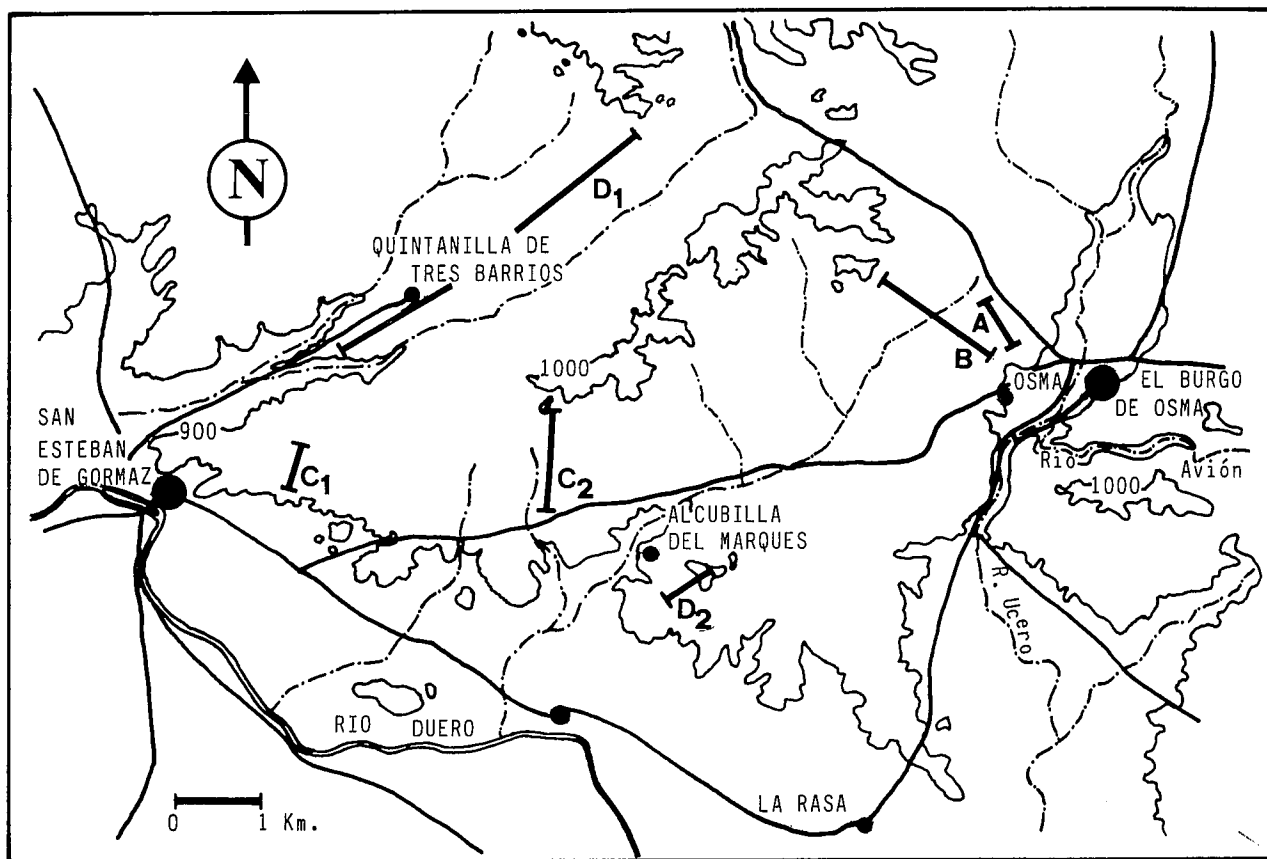
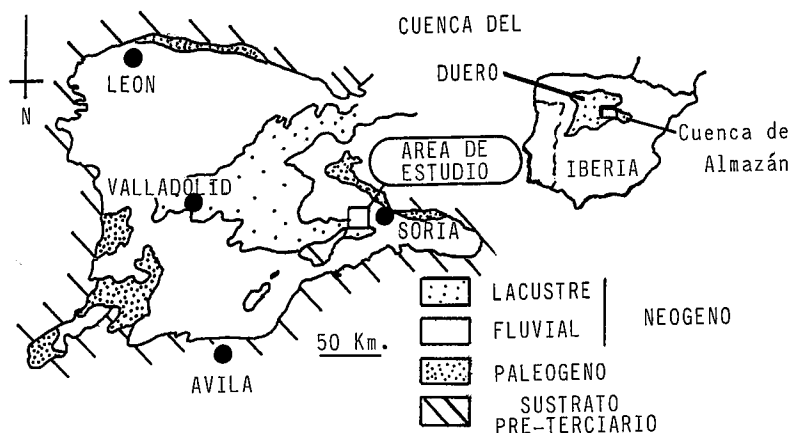


Fig. 1.—Situación geográfica del área de estudio, con la localización de los perfiles estudiados.  
Fig. 1.—Geographic situation of the area studied with location of the sections investigated.

Los estudios realizados por García del Cura (1974) en la región de Aranda de Duero, caracterizaron y definieron un conjunto de unidades litoestratigráficas mientras que los de García del Cura y López Aguayo (1974) establecieron la mineralogía y petrología de los depósitos. Por otro lado, Ordóñez y García del Cura (1976) estudiaron las facies detríticas y les dan una interpretación genética, y Armenteros (1986) estableció la sedimentología del sector.

En detalle, la región de Gormaz-Osma presenta características geológicas diferentes respecto a las áreas circundantes. Su complejidad litológica y estructural refleja la proximidad de un zócalo mesozoico, que aflora hoy día en El Burgo de Osma, que actuó como relieve positivo y controló la sedimentación terciaria. Por otro lado, la re-

activación y creación de fracturas de gran envergadura a comienzos del Mioceno la individualizaron del resto y controlaron su evolución tectosedimentaria durante gran parte del Mioceno.

Ramos Martín y Alonso Gavilán (1990) establecieron la columna estratigráfica general (Fig. 2) de la cuenca de Osma y definieron cuatro unidades litoestratigráficas con carácter formal, de muro a techo: Areniscas del Burgo de Osma, de edad paleógena; Caliche de Osma, Mioceno inferior; Areniscas de San Esteban de Gormaz y Conglomerados de Valdecastilla, Mioceno medio-superior. Todas ellas están constituidas por sedimentos siliciclásticos (conglomerados, microconglomerados, arenas y fangos arenosos) y calizas y algunos de los términos clásticos se carac-

terizan por presentar una intensa carbonatación. Estas unidades "fueron originadas por sistemas fluviales drenando áreas mesozoicas bajo los efectos de un clima árido y creando ambientes palustres y lacustres con carácter efímero en la llanura de inundación" (Ramos Martín y Alonso Gavilán, 1990).

La presencia constante de paleosuelos en todas las

unidades neógenas y las marcadas diferencias litológicas y texturales observadas en el campo condujo al planteamiento de dos problemas a resolver. El primero de ellos llevó a establecer la hipótesis de si los gradientes texturales registrados en los sedimentos estaban indicando variaciones locales en las condiciones físico-químicas durante su formación o si eran la respuesta a otras variables de ran-

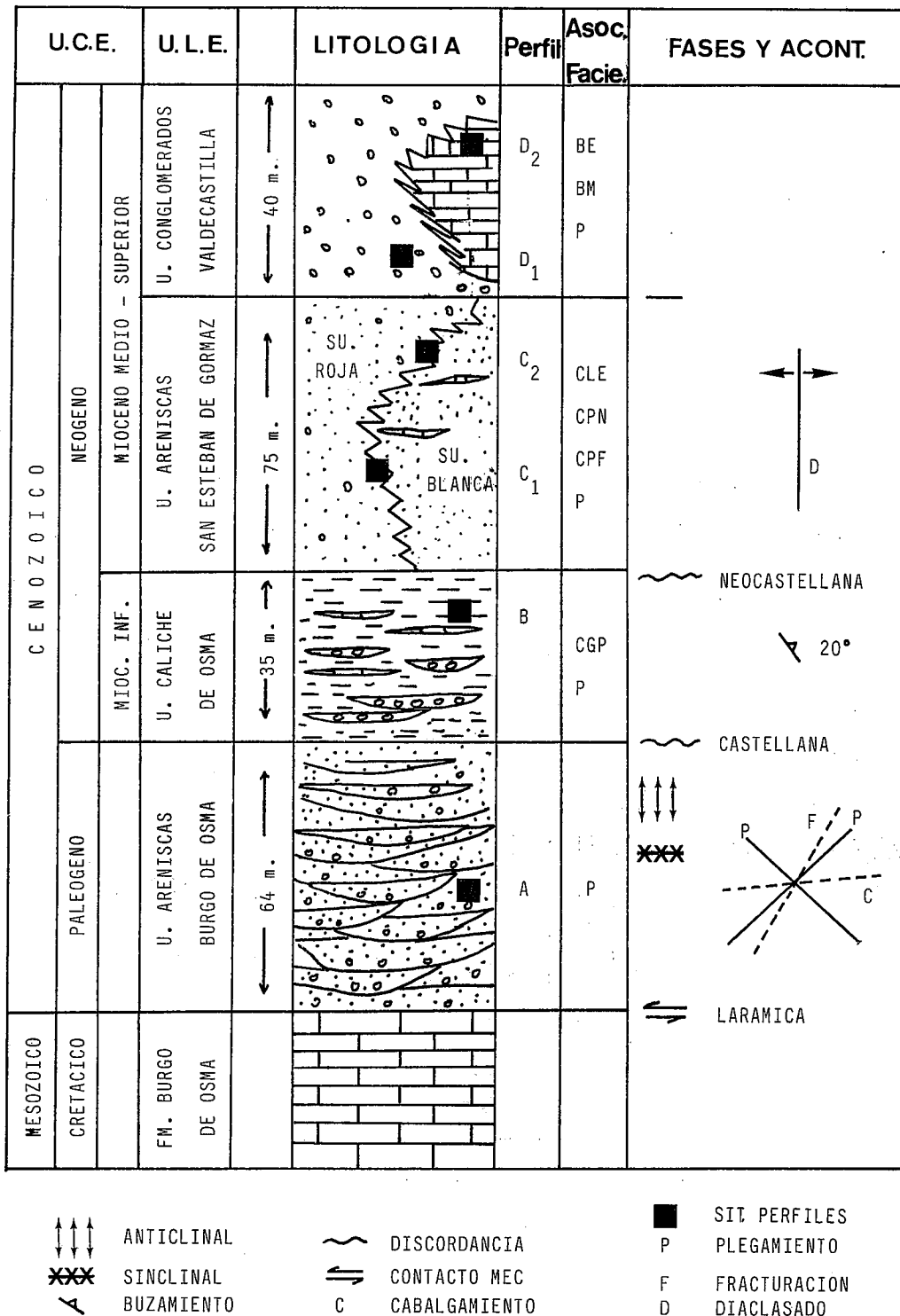


Fig. 2.-Columna estratigráfica general de la cuenca de Osma (Modificada de Ramos Martín y Alonso Gavilán, 1990). A, B, C1, C2, D1 y D2 representan los puntos donde se realizaron aproximadamente los perfiles de detalle.

Fig. 2.-Stratigraphy of the Neogene sequence in the Osma Basin (modified by Ramos Martín y Alonso Gavilán, 1990). A, B, C 1, C 2, D 1 and D 2 represent locations where successions were studied in detail.

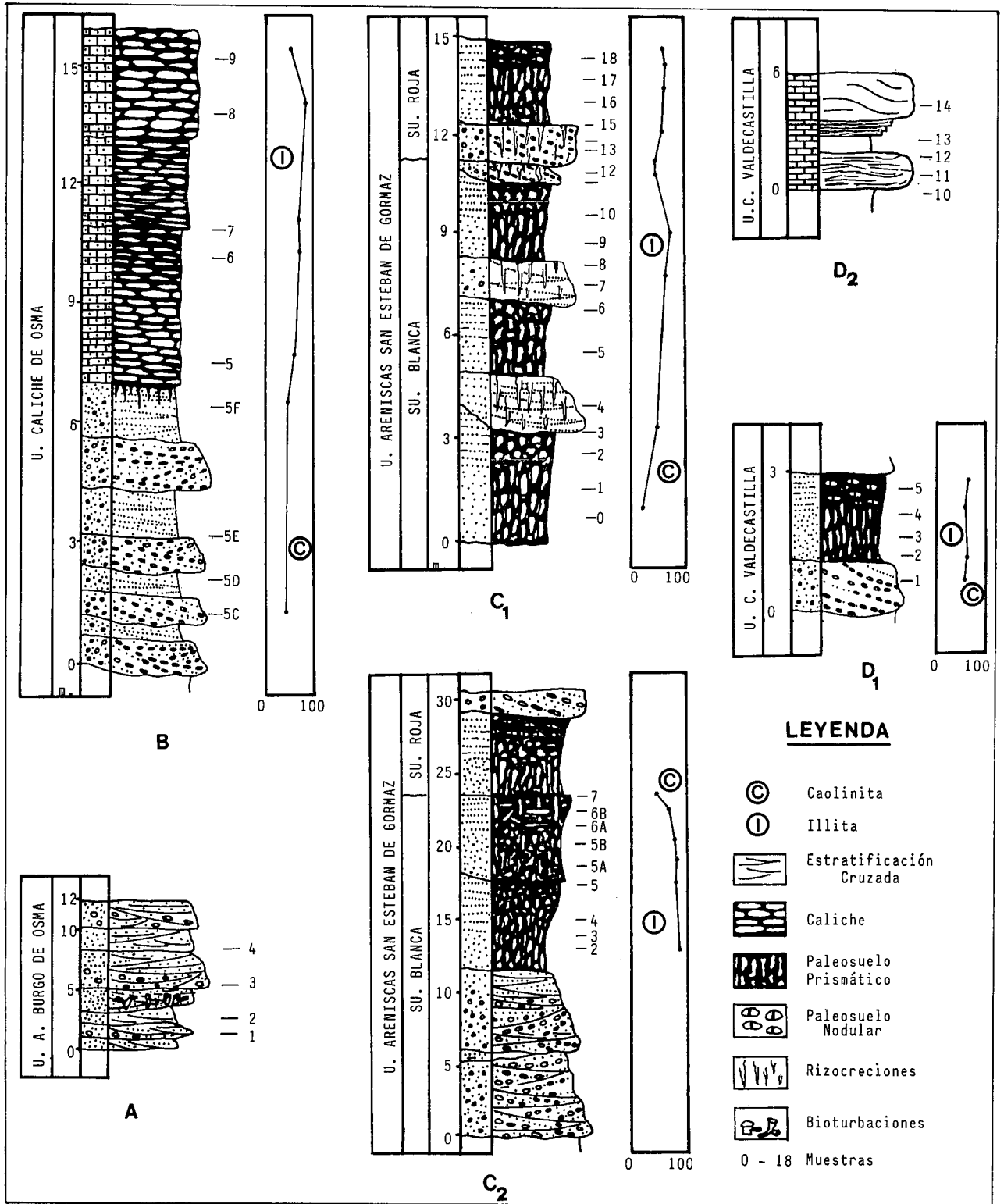


Fig. 3.-Columnas estratigráficas locales y reales realizadas en cada una de las unidades diferenciadas en la región de San Esteban de Gormaz-El Burgo de Osma.

Fig. 3.-Vertical sections of the different lithostratigraphic units of the San Esteban de Gormaz -El Burgo de Osma.

go mayor tales como microcambios climáticos, movilidad de la red fluvial dada la inestabilidad tectónica del área, etc. El segundo problema consistió en resolver si estas diferencias eran generales en toda la región en el tiempo y en el espacio. Estas hipótesis se plantearon como objetivo del presente trabajo.

## 2. TECNICAS Y METODOLOGIA

Partiendo de la elaboración de más de catorce columnas estratigráficas y de la cartografía de la región, se eligieron seis perfiles que cumplieran la condición de mostrar una o varias de las unidades diferenciadas con sus atri-

butos litológicos y texturales más representativos (Fig. 3). En estos perfiles se tomaron muestras en el muro, mitad y techo de las secuencias litológicas más representativas y, a veces, alguna intermedia si se observaban cambios texturales apreciables de "visu".

En el laboratorio se procedió a la separación e identificación de los minerales arcillosos según la técnica de Larque y Weber (1975) y se realizaron láminas delgadas para su estudio al microscopio. El análisis y estudio macro y microscópico de las muestras permitió definir un conjunto de facies que podían asociarse por presentar rasgos genéticos correlativos.

### 3. DESCRIPCION DE FACIES: IMPLICACIONES SEDIMENTOLOGICAS

El primer problema a solucionar fue escoger la nomenclatura a seguir en el estudio descriptivo e interpretativo de las muestras y resultados obtenidos, debido a la abundante y controvertida descripción de los diferentes términos. Dadas las características que presentaban los sedimentos se optó por seguir las ideas de Arakel (1982), Freytet (1984), Freytet y Plaziat (1982), Armenteros (1986), y Arribas *et al.* (1988) para definir las texturas y procesos sinsedimentarios y postsedimentarios presentes.

Dado que los paleosuelos se desarrollan tanto sobre depósitos fluviales (canales abandonados, llanura de inundación proximal y distal), como palustres y lacustres, se decidió emplear una primera agrupación de las facies descritas teniendo en cuenta si era posible o no la identificación del subambiente donde se originaron los depósitos a pesar de las transformaciones posteriores sufridas. Siguiendo la nomenclatura de Freytet (1984), se definieron tres grupos de facies: a) facies de calizas generadas en zonas de encharcamiento palustre; b) facies de calizas originadas en zonas lacustres someras y c) facies constituidas por acumulaciones de carbonato mediante procesos edáficos en sedimentos originalmente siliciclásticos y se denominan bajo el nombre genérico de caliche. Por otro lado, las características microtexturales y textura de campo permitió establecer varios tipos dentro de cada uno de los grupos diferenciados.

#### 3.1. *Facies de calizas generadas en zonas de encharcamiento palustre (ZEP)*

Estas facies son muy frecuentes en los sedimentos neógenos de la zona y presentan pequeño espesor. Se caracterizan por mostrar siempre en campo un color blanco-rosado, textura compacta y al microscopio presentan una masa micrítica sucia con abundante fisuración irregular. Los tipos diferenciados son:

3.1.1. Caliza palustre con nodulizaciones férricas (CPF).- En campo, sobre el color blanco-rosado aparecen manchas ocre que constituyen nodulizaciones difusas de pequeño tamaño, moteado hidromórfico y brechificación.

Como elementos texturales se observan granos de cuarzo subangulosos, con los bordes corroídos en proporciones inferiores al 5%, y constituyen las impurezas sili-

ciclásticas del material calizo y, a veces, rodeados por un mosaico microesparítico; micas generalmente muy alteradas, valvas de ostrácodos (Fig. 4 A), fragmentos de gasterópodos y colonias de *Microcodium* aisladas que presentan morfologías en roseta.

En lámina delgada las grietas irregulares de la masa micrítica están rellenas por esparita y nódulos micríticos o microesparíticos (2-3 mm) (Fig. 4 B) impregnados de óxidos de hierro. Aparecen parcialmente delimitados por grietas circunnodulares rellenas de esparita, muestran continuidad con la matriz (nódulos órticos) y en ocasiones forman un mosaico con el resto de los elementos texturales al estar separados por un agrietamiento reticular.

Interpretación: La presencia del moteado hidromórfico señala oscilaciones del nivel freático que favorecen la movilidad del hierro y su posterior oxidación. En este sentido Freytet (1971) asemeja las separaciones plásmicas ferruginosas fósiles a las que se producen en gleys y pseudo-gleys actuales bajo el nivel freático o bien en la zona de oscilación. Así mismo, este autor indica que la existencia de rasgos de nodulización está relacionada con una alternancia de periodos de inmersión y exhumación, o bien con una infiltración masiva y discontinua del agua de lluvia que provoca la disolución del carbonato cálcico y su precipitación y acumulación en el interior del suelo seguida de una rápida cementación preferencial en forma de nódulos. La brechificación por su parte es un agrietamiento mecánico del sedimento provocado por su exposición subaérea.

La existencia de valvas de ostrácodos y restos muy fragmentados de gasterópodos indican la presencia de masas de agua estancadas semipermanentes con escasa profundidad, buena oxigenación y una interfase agua-sedimento apropiada para el desarrollo de la fauna limnícola de ostrácodos (Murphy y Wilkinson, 1980). La presencia de *Microcodium* es un carácter definitorio de que el sedimento sufrió los procesos de edafización (Bodegart, 1974).

En general, las características anteriores indican que el sedimento fue depositado en áreas recubiertas por una lámina de agua, charcas o lagos con escasa pendiente, poca profundidad y bien oxigenado, y sometidos a la acción de procesos edáficos por la exposición subaérea al darse un descenso de la lámina de agua.

3.1.2. Caliza palustre nodulizada (CPN). En muestra de mano se presenta compacta y de color ocre-blanquecino, con nodulizaciones y brechificaciones.

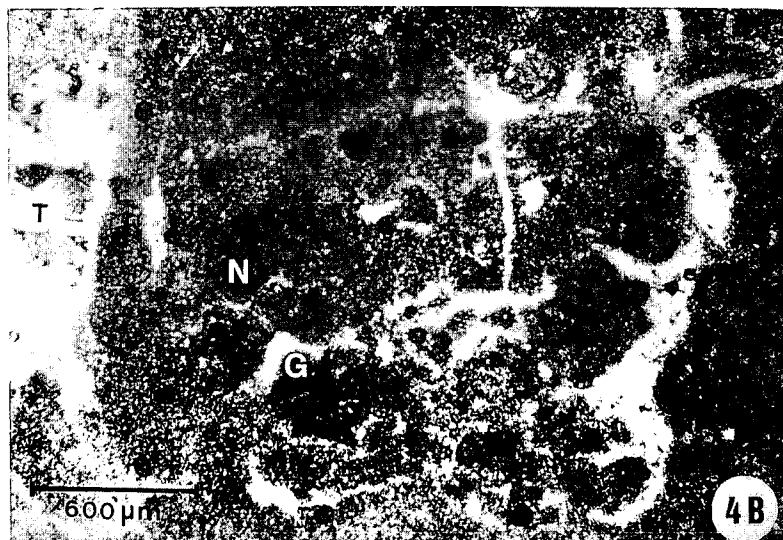
Al microscopio se observa una masa micrítica sucia que engloba islas de microesparita (Fig. 4 C). Presenta abundante fisuración tanto planar como irregular (*craze planes* de Brewer, 1964) y concéntrica, rellena por microesparita que se enlazan entre sí y constituyen una red pseudopoligonal con individualización de nódulos micríticos rodeados por una fisura circunnodular fina. Las nodulizaciones podrían representar los restos de un material anterior a su vez nodulizado, dentro de una masa de recristalización preferencial. Se trataría por tanto de una brechificación por recristalización ligada a la zona radicular del suelo.

Aparecen poros rellenos por cemento esparítico, localmente de tipo vadoso. Generalmente, tienen una orla microesparítica con concentraciones dispersas de óxidos de hierro.



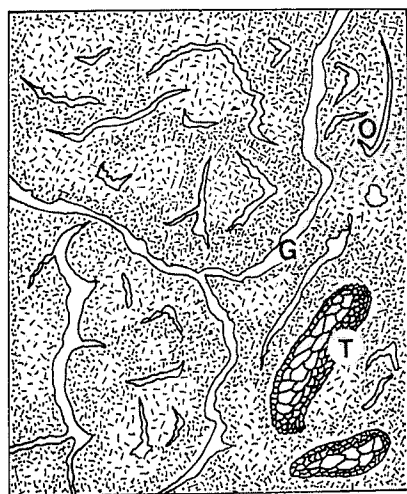
0,5 cm

4A



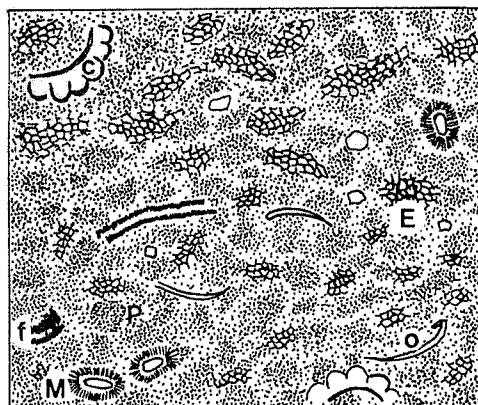
600 μm

4B



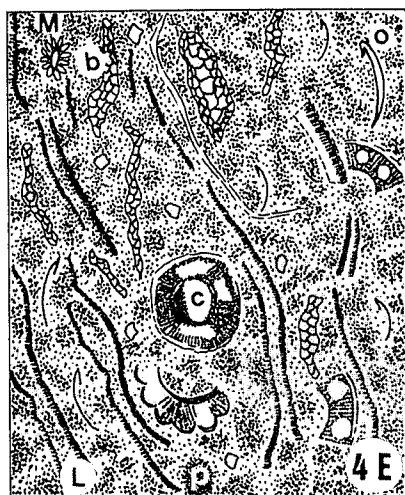
200 μm

4C



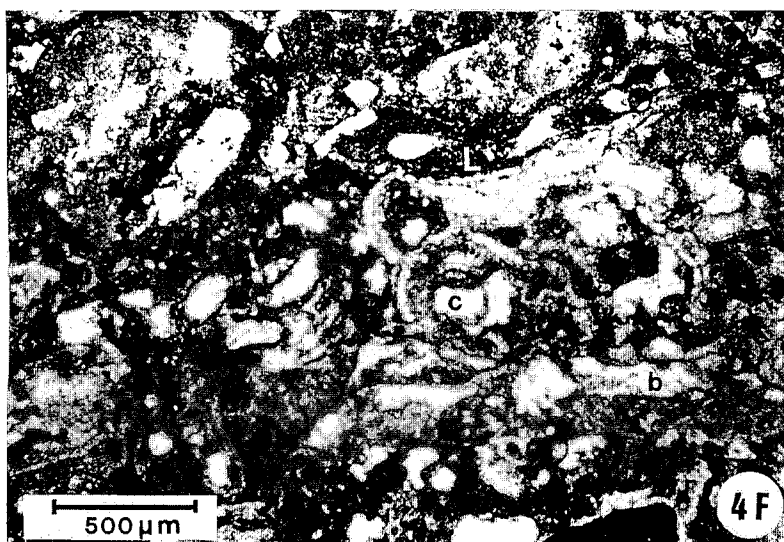
400 μm

4D



200 μm

4E



500 μm

4F

Como componentes texturales se reconoce: granos de cuarzo (menos del 3 %) de pequeño tamaño, subangulosos con bordes intensamente corroídos orlados, algunos, por un mosaico microesparítico, y valvas finas de ostrácodos recristalizadas.

Interpretación: Las condiciones genéticas del tipo de nódulos descritos anteriormente no son bien conocidas. Freytet (1973) en suelos hidromorfos actuales señala que los nódulos calcáreos que se desarrollan se localizan en la zona de oscilación del nivel freático influenciados probablemente por la aspiración radicular del agua. En consecuencia, el microambiente químico necesario para el desarrollo de nódulos por acreción de elementos solubles del suelo está controlado por la posición del nivel freático y por la existencia de una cobertera vegetal.

La presencia de valvas de ostrácodos confirma que la sedimentación se realizó en áreas bajo una lámina de agua, charcas o lagos de escasa profundidad bien oxigenados. Así mismo, la presencia en el sedimento de grandes poros rellenos por cemento esparítico se relacionan con la existencia de raíces. En la conjunción de estas dos características cabe la idea expresada por Brewer (1964). Por un lado, se tiene la lámina de agua necesaria para que se puedan dar las oscilaciones del nivel freático y por otro existen vestigios de la actuación de una vegetación. La presencia de fisuras curvas alrededor y en el interior de los nódulos y la forma curvada de la grieta son la respuesta del sedimento a la pérdida de agua y la consiguiente desecación. Así mismo, la presencia de grietas de retracción en el interior de los nódulos indica que éstas se generan en los estadios de pérdida de agua del sedimento coincidiendo con una etapa de emersión o descenso de la lámina de agua. En consecuencia, todo parece indicar que la génesis de estas facies está ligada a etapas de evaporación y descenso de la lámina de agua.

En general, la sedimentación carbonatada se realizó en áreas encharcadas de escasa profundidad pero bien oxigenadas, en las cuales era posible la existencia de fauna limnícola.

### 3.2. Facies de calizas originadas en zonas lacustres someras (ZLS).

Las facies que se incorporan en este grupo se caracterizan por el buen reconocimiento del medio sedimentario donde se generaron y por presentar escasos rasgos de edafización. Son sedimentos fundamentalmente carbonatados y su génesis está ligada a zonas con una lámina de agua constante aunque existan procesos de evaporación.

Están muy bien representadas en la localidad de Alcubilla del Marqués (Tramo carbonatado de la Unidad de Valdecastilla) y ocasionalmente en la Unidad Caliche de Osma (Figs. 1 y 2). En líneas generales, se aprecia que van siendo más abundantes hacia el techo de la columna estratigráfica general.

3.2.1. Caliza grumoso peletoidal (CGP).- En campo son de color rosado, compactas, y no son apreciables los clastos de cuarzo.

En lámina delgada la masa micrítica presenta formas redondeadas peletoidales con buen calibrado, aunque en ocasiones no muestran contornos claros y dan una textura grumosa. Son frecuentes los restos de caráceas con secciones circulares y tubulares de los talos (Fig. 4 D) confiriendo al sedimento mayor porosidad de tipo fenestral, circular o elíptica. Todas ellas están rellenas de esparita. Son frecuentes los prismas de *Microcodium*, hallándose

Fig. 4.-Dibujos esquemáticos y detalles microscópicos de diversas facies palustres y lacustres  
Fig. 4.-Photomicrographic and detailed sketches of different palustrine and lacustrine facies.

- 4 A.-Caliza palustre con nodulizaciones férricas (CPF). Destaca una masa microesparítica en la que se individualizan nódulos micríticos impregnados de óxidos de hierro (N), mediante abundante fisuración intra y circunnodular (G) con ostrácodos (O), *Microcodium* (M), y porosidad tubular rellena por esparita (P).
- 4 A.-Palustrine limestone with nodules impregnated by iron oxides (CPF) showing microsparitic masses with nodules of iron oxides (N), inter- and circum-nodular fissures (G), ostracodes (O), *Microcodium* (M) and tubular porosity filled by sparite (P).
- 4 B.-Caliza palustre con nodulizaciones férricas (CPF). Los nódulos micríticos y microesparíticos están en continuidad con la matriz (N) o parcialmente delimitados por grietas circunnodulares (G) rellenas de esparita que los individualiza, y porosidad irregular con rellenos geopetales (T).
- 4 B.-Palustrine limestone with nodules impregnated by iron oxides (CPF). Micritic and sparitic nodules (N) have been delimited by circum-nodular fissures (G) filled by sparitic and fenestral porosity (T) with geopetal infilling.
- 4 C.-Caliza palustre nodulizada (CPN). Masa micrítica con algunas valvas de ostrácodos (O) y abundante fisuración irregular (G) que forma redes, junto a poros con rellenos geopetales (T).
- 4 C.-Palustrine limestone with nodules (CPN). Micritic mass with some ostracod valves (O), irregular cracking and pores with geopetal filling (T).
- 4 D.-Caliza grumosa peletoidal (CGP). Textura grumosa constituida por formas peletoidales (P) con contornos claros o difusos que dan origen a abundante porosidad fenestral rellena por esparita (E). Frecuentes caráceas (c) y filamentos algales (f), junto a *Microcodium* (M) y ostrácodos (o).
- 4 D.-Crumbly peloidal limestone (CGP). Crumbly texture with peloids (P), Sparite filled fenestral porosity (E), Characeas (C), algal filaments (f), *Microcodium* (M) and ostracodes (O).
- 4 E.-Caliza laminada estromatolítica (Cle). Textura grumosa con abundante bioturbación rellena que origina huecos fenestrales (b), en la que se aprecian peloides (p), caráceas (c) y ostrácodos (o) englobados entre láminas algales (L).
- 4 E.-Stromatolithic laminated limestone (CLE). Crumbly texture with fenestral porosity filling root hollows (b), peloids (p), Characeas (c) and Ostracods (O) encompassed within algal laminae (L).
- 4 F.-Caliza laminada estromatolítica (CLE). Matriz micrítica con restos de caráceas (c) flanqueadas por tiras algales (L) y numerosos huecos subhorizontales rellenos de esparita (b).
- 4 F.-Laminated stromatolithic limestone (CLE). Micritic matrix with remains of Charophyte (C) covered by algal filaments (L) and subhorizontal cavities filled with sparite (b).

tanto sueltos como en agregados siendo en roseta la forma más frecuente.

Se observa una laminación altamente contorsionada. Esta laminación está constituida por filamentos (mayores de 1mm de longitud y 30-40 micras de espesor), formando dos tiras micríticas oscuras que flanquean y limitan una tira central clara microesparítica (Fig. 4 D). Estos filamentos muestran características de estructuras de origen algal.

Presenta granos de cuarzo en un porcentaje inferior al 6% e intraclastos dispersos en la masa micrítica.

Interpretación: La presencia de estructuras de origen algal, de restos de talos de caráceas y la ausencia casi total de terrígenos hacen pensar en un medio acuático de baja energía con escasa influencia exterior.

Por otro lado, los intraclastos tendrían su origen en las márgenes del sistema lacustre, afectados por la fluctuación periódica del nivel del agua con eventuales emergencias del sedimento corroboradas por la presencia de *Microcodium* e intraclastos formados por la desecación y agrietamiento del sedimento.

El hecho de que en la textura grumoso-peletoidal los elementos subredondeados se adhieran unos a otros formando masas grumosas parece indicar la existencia de un proceso tractivo en un sedimento parcialmente consolidado. Estas corrientes serían de régimen laminar, con escaso poder energético, pero suficiente para erosionar, removilizar y transportar los elementos peletoidales creados en las zonas más someras hasta otras áreas relativamente próximas y más internas donde son depositados.

En resumen, los depósitos de esta facies se generan en la zona somera de un sistema lacustre de escasa profundidad al que se le incorporan elementos procedentes de la removilización de depósitos marginales llevados allí por corrientes de escasa envergadura.

3.2.2. Caliza laminada estromatolítica (CLE). En muestra de mano tiene un color ocre-blanquecino y presenta una sucesión de láminas milimétricas, densas y poco porosas.

En lámina delgada presenta un aspecto micrítico sucio. La laminación está constituida por láminas de 4-5 mm con textura grumosa diferenciándose intraclastos y peloides mal seleccionados, abundantes secciones de caráceas y restos de ostrácodos (Figs. 4 E y 4 F). Alternando con estas láminas, aparecen otras de 1-2 mm. de espesor, constituidas por tiras de 40-50  $\mu$  de espesor y de varios milímetros de longitud, corrugadas, dando formas convexas semejantes a verrugas que apuntan hacia el techo. Entre estas láminas quedan englobados abundantes restos de caráceas parcialmente recristalizadas, a microesparita, y colonias aisladas o en roseta de *Microcodium*. Se aprecia una abundante bioturbación que genera huecos fenestrales. El carácter antigraavitacional de estas formas convexas, su carácter laminado y su ondulamiento irregular, confieren un carácter estromatolítico a la estructura.

Los granos de cuarzo, tamaño de grano limo-arena fina y subangulosos, nunca superan el 5 % del total de los elementos texturales.

Interpretación: Freytet y Plaziat (1965) en un estudio

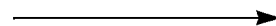
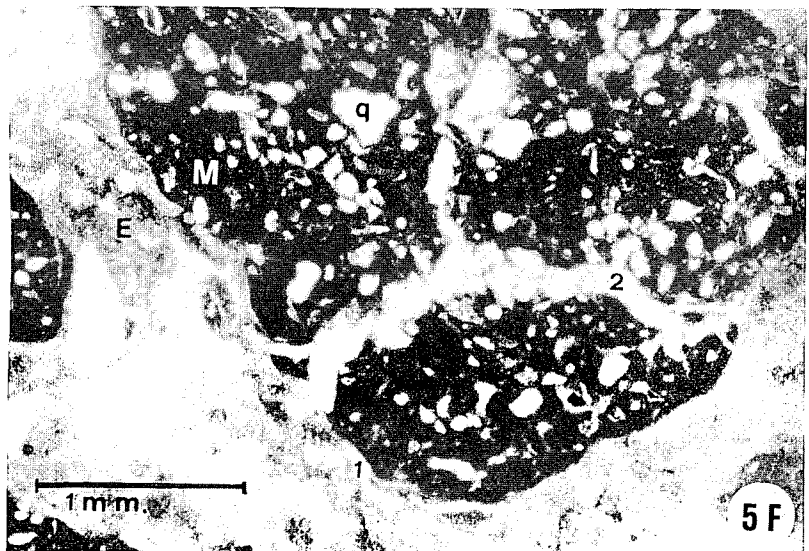
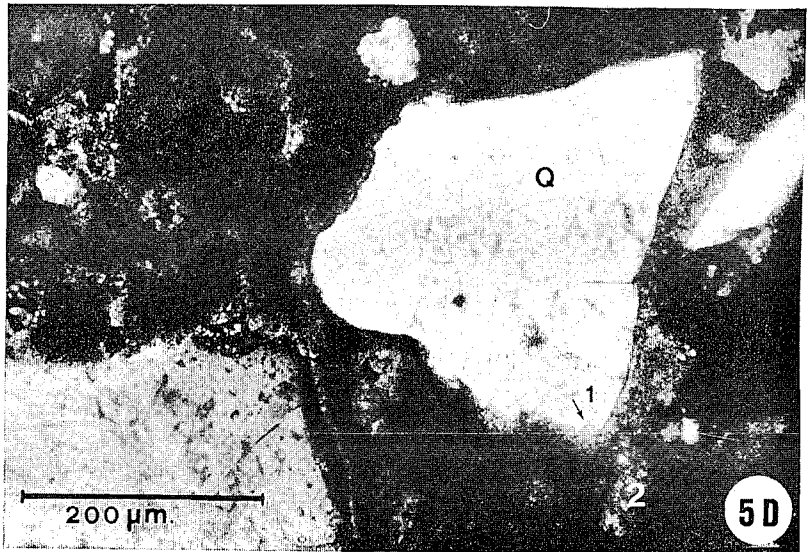
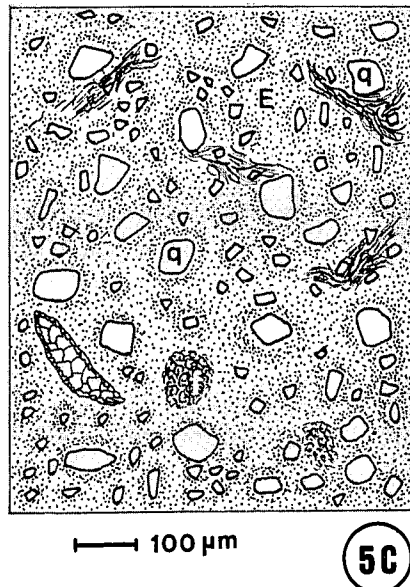
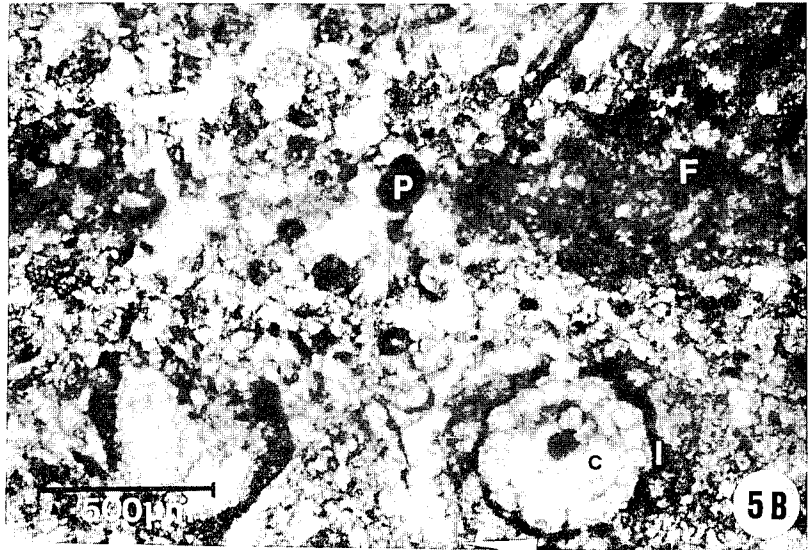
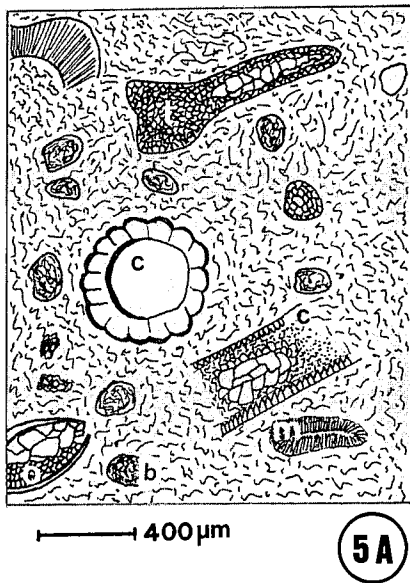


Fig. 5.—Dibujos esquemáticos y fotografías al microscopio de diversas facies lacustres y facies de caliche.  
Fig. 5.—Photomicrographs of thin sections showing several features of the caliche and lacustrine facies.

- 5 A.—Caliza biomicrítica-bioesparítica (BM-BE). Matriz micrítica sucia con aspecto grumoso debido a numerosas estructuras criptalgales desintegradas que constituyen bioclastos (b), y abundantes ostrácodos (o), fragmentos de caráceas (c) y colonias de *Microcodium* (m), junto a abundante porosidad con rellenos geopetales (t)
- 5 A.—Biomicritic-biosparitic limestone (BM-BE). Micritic matrix with crumbly aspect due to disengaged to cryptalgal structures forming bioclasts (B), Ostracods (O), Charophytes (c) and *Microcodium* (M), and Geopetal porosity filled with sparite.
- 5 B.—Caliza Biomicrítica-bioesparítica (BM-BE). Biopelosparita en la que se reconocen abundantes pellets (P), masas grumosas que representan restos de algas filamentosas (F), y una sección de talo de carácea (c) revestida por una estructura criptalgal laminada (L).
- 5 B.—Biomicritic-Biosparitic limestone (BM-BE). Pellets are visible (P), crumbly masses representing algal filaments (F) and section of a Charophyte stem (C) surrounded by a laminated cryptalgal structure (L).
- 5 C.—Caliche desarrollado sobre sustrato arenoso (PI). Se aprecian numerosos granos de cuarzo (q) en un mosaico esparítico (E) con zonas de cemento microesparítico y abundantes impregnaciones de hierro (f).
- 5 C.—Caliche developed on sandy substratum (PI). Quartz grains in a sparitic mosaic (E) with microsparitic cemented zones and impregnations of iron oxides (f).
- 5 D.—Caliche desarrollado sobre sustrato arenoso (PI). Detalle microscópico de un cristal de cuarzo (Q) con el borde ligeramente corroído (1) inmerso en un mosaico esparítico con restos de arcilla y óxidos de hierro (2).
- 5 D.—Caliche developed on sandy substratum. Thin section of quartz crystal (Q) with corroded rim (1) embedded in a sparitic mosaic with remains of clay and residual oxide iron (2).
- 5 E.—Caliche masivo con textura mudstone secundaria (PMS). Mosaico microesparítico (E) con textura grumosa y nódulos micríticos (n), y abundante porosidad rellena por esparita en el que aparecen restos de una placa de Equínido del Cretácico (X).
- 5 E.—Massive caliche with secondary mudstone texture (PMS). Microsparitic mosaic (E) with clotted texture and micritic nodules (n) and porosity filled by sparite with transverse section of a echinoid from the Cretaceous.
- 5 F.—Caliche masivo con textura mudstone secundaria (PMS). Detalle microscópico en el que se aprecian dos fases de carbonatación, la primera está representada por una masa micrítica (M) en la que hay restos arcillosos dispersos de la matriz original y una intensa corrosión de los granos de cuarzo (q). La segunda es un mosaico de microesparita que sustituyó al mosaico micrítico de la primera (E), dejándolo reducido a masas nodulares que presentan agrietamientos circunnodulares (1) e intranodulares (2).
- 5 F.—Massive caliche with secondary mudstone texture (PMS). Thin section. Two phases of carbonation are observed: the first is represented by a micritic mass (M) with sparse clay in the original matrix and corrosion of quartz grains (q). The second is a replacement of the first micritic mosaic by a microsparitic mosaic (E) reduced to nodular masses with circumnodular and intranodular (2) cracking.





sobre construcciones algales del Cretácico superior y Eoceno del Langedoc (Francia), asocian morfologías similares a líneas litorales lacustres protegidas del influjo detrítico por la vegetación instalada en la orilla que actuaría de pantalla y trampa para el frenado y retención de los siliciclásticos de los aportes externos. Estas formas laminares indicarían encostramiento de fondos lacustres someros de baja energía. Nickel (1983) relaciona los tipos morfológicos de estas estructuras con variaciones en la profundidad, la topografía del fondo, y la mayor o menor agitación de las aguas. Estas estructuras se generarían en medios de agua dulce, someros y tranquilos donde la energía y la carga de sedimentos en el sistema sedimentario controlan el modo de crecimiento.

En el área de estudio estas facies presentan las características anteriormente descritas además de restos fósiles de ostrácodos y caraceas. En consecuencia, se puede decir que la sedimentación se realizó en áreas lacustres someras de escasa energía con precipitación carbonatada bioinducida.

La existencia de intraclastos derivados del sustrato estromatolítico, y de registros de la actuación de los procesos edáficos indican que los sedimentos estuvieron, en algún momento sometidos a exposición subaérea por descenso de la lámina de agua.

3.2.3. Biomicrocrista-bioesparita algal (BM-BE). En el campo aparecen en bancos tabulares de 3 m de espesor visible, coronando los cerros en los alrededores de Alcubilla del Marqués (Fig. 1) y con una extensión areal nunca superior a los tres kilómetros cuadrados. Son calizas biomicrocristicas y bioesparíticas que en muestra de mano son de color ocre-grisáceo, haciéndose más oscuros hacia el techo del banco con laminaciones cruzadas y a escala de afloramiento se observan surcos (1-1,5 m de ancho y 0,5 m. de profundidad). Localmente puede aparecer intensamente karstificada.

En lámina delgada (Figs. 5 A y 5 B) se aprecia una textura wackestone-packestone, y la matriz contiene partículas peletoidales de tamaño limo que en su mayor parte proceden de la desintegración de estructuras criptalgales que posteriormente han sido transportadas y resedimentadas. Así mismo, se observan bioclastos de tamaño arena fina o gruesa, que son estructuras criptalgales generadas por algas cianofíceas, y secciones de talos de caráceas, localmente, encostrados por algas filamentosas, dando aspectos oncooidales.

La porosidad es móldica, interpartícula y fenestral, esta última muy abundante. Se aprecia abundante porosidad tubular-filiforme contorsionada rellena por esparita, parcialmente ocupada por rellenos geopetales. El relleno de los poros mayores presentan características vadosas con aumento del tamaño del cristal a techo de la cavidad (Fig. 5 A).

La proporción de terrígenos oscila en torno al 2%, siendo fundamentalmente granos de cuarzo subanguloso con bordes corroídos por una orla esparítica.

Interpretación: La estructuración, ordenación y geometría en el campo de los bancos de calizas, la presencia de surcos y de laminaciones cruzadas y la evidencia de removilizaciones de los elementos integrantes de esta facies (peloides y bioclastos), hace suponer que la sedimentación

carbonatada bioinducida, se realizó en un medio lacustre somero afectado por corrientes, capaces de romper y desmenuzar las estructuras algales existentes y transportarlas durante periodos relativamente cortos. Quizás estas corrientes correspondan con la llegada de flujos externos al sistema lacustre.

La presencia de caráceas y su estado de preservación y abundancia, lleva a pensar en poca profundidad (según Oliveros et al., 1960), con un valor máximo inferior a 10 metros (Flügel, 1982).

El cemento de tipo vadoso hace suponer la movilidad de los niveles freáticos coincidiendo, presumiblemente, con descensos de la lámina de agua y la consiguiente retracción del área húmeda y exposición subaérea del sedimento.

Todo esto lleva a sugerir que el depósito de la facies de caliza biomicrocristica-bioesparítica tuvo lugar en áreas lacustres de agua dulce, sometidas esporádicamente a la acción de corrientes externas y sufriendo los fenómenos de expansión y retracción de la lámina de agua por evaporación.

### 3.3. Caliche (P)

Autores como Freydet (1984) no están de acuerdo en usar el término caliche o costra debido a que señalan acumulaciones carbonatadas de origen muy diferente. En el presente trabajo se denomina caliche a todas aquellas acumulaciones de carbonato cálcico (con más del 50% de carbonato) cuyo sustrato es un sedimento siliciclástico generado por un sistema fluvial (canal activo, abandonado o llanura de inundación), en el que se reconocen transformaciones posteriores causadas por procesos de edafización tales como brechificación, removilización, huellas de raíces, horizontes de acumulación etc.

Las diferentes facies reconocidas son semejantes en campo y micromorfológicamente a las descritas por Goudie (1973; 1983), Armenteros y Alonso Gavilán (1984). En el campo se presentan como niveles tabulares de escaso espesor, y potencias de hasta 3 m, resultado final de la superposición de varios procesos de calichificación. Su composición mineralógica es predominantemente calcítica con pequeñas cantidades de granos de cuarzo (2-10%) y arcillas, fundamentalmente caolinita, illita y esmectitas (Fig. 3).

Se diferencian cuatro tipos teniendo en cuenta las diferentes texturas y estructuras reconocidas en campo, y de las observaciones micromorfológicas en lámina delgada:

3.3.1. Caliche incipiente sobre sustrato arenoso (PI). Es de color blanquecino con parches subelípticos ocreos. Al microscopio se aprecia un cambio de la textura primaria de los componentes originales debido a una intensa traslocación de los clastos de cuarzo, ocasionado en la mayoría de los casos por la bioturbación, que se manifiesta por la presencia de parches de óxidos de hierro (Fig. 5 C). Los granos de cuarzo están rodeados por microesparita fina y por una esparita limpia y aparecen ligeramente corroídos, y rodeados por un halo de cristales prismático-fibrosos de esparita (Fig. 5 D).

Interpretación: Los halos y concentraciones férricas

indican condiciones de oscilación del nivel freático que favorecen la movilización y posterior precipitación del hierro. Por otro lado, la modificación de la estructura plasmática original refleja la actuación de procesos edáficos iniciales.

3.3.2. Caliche masivo con textura mudstone secundaria (PMS).- En campo presenta color ocre-rosado con un moteado milimétrico de colores marrones claros con tonos anaranjados. Siempre se desarrollan sobre sustratos arenosos ya que la proporción de cuarzo es superior al 15-20% y de tamaño arena gruesa-limo.

Al microscopio presenta una textura uniforme constituida por un mosaico microesparítico, en el cual se distinguen zonas de textura grumosa, formada por grumos pelletoidales micríticos de 0,06-0,09 mm de tamaño dentro de una masa microesparítica (Figs. 5 E y 5 F) y los clastos de cuarzo suelen presentar una orla de cristales de esparita de formas prismáticas de 10-20  $\mu\text{m}$ , de longitud.

La porosidad existente es de tipo filiforme contorsionada, y su origen se relaciona con raíces.

Interpretación: Fábricas grumosas semejantes han sido descritas por Read (1974) para horizontes masivos situados debajo de horizontes laminares. Su origen, según

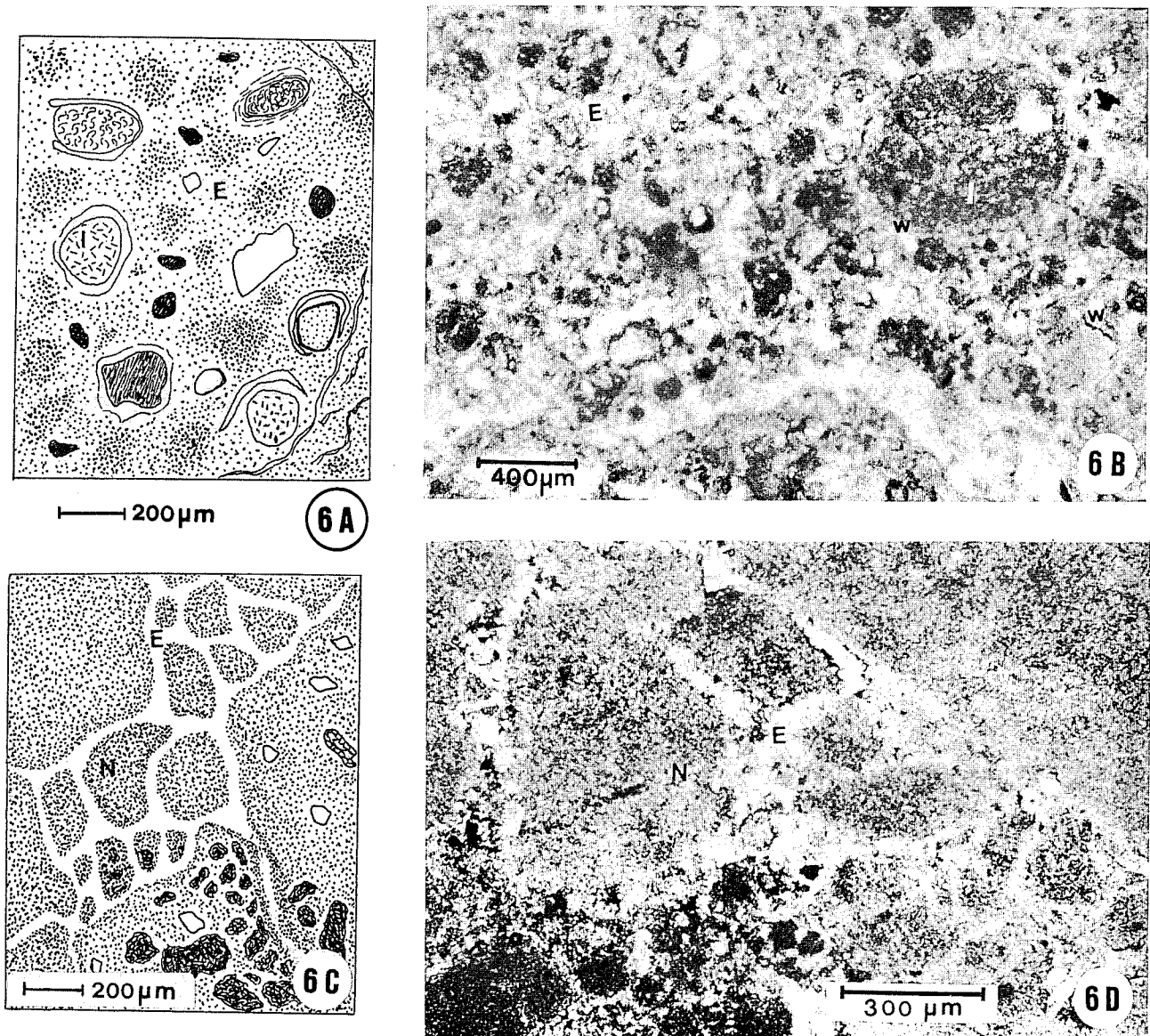


Fig. 6.-Esquemas y fotografías de detalles microscópicos de algunas facies de caliche.

Fig. 6.-Photomicrographic and detailed sketches of some caliche facies.

6 A y 6 B.-Caliche bréccico intraclástico ooidal (PBIO). Dibujo esquemático y detalles de microscopio. En un mosaico de microesparita limpia con fisuración y porosidad intergranular rellena (E), aparecen intraclatos (I) de microesparita sucia con envueltas poco desarrolladas (w)

6 A y 6 B.-Brecciated intraclastic ooidal caliche (PBIO). Microsparitic mosaic with cracking, fissuration and an infilled intergranular porosity (E). Intraclasts (I) of microsparite (w) with minor coating.

6 C y 6 D.-Caliche con nodulización secundaria por recristalización (PNS). La intensa recristalización sufrida sólo permite reconocer nódulos microesparíticos (N) delimitados por esparita (E) con áreas impregnadas por óxidos de hierro.

6 C y 6 D.-Caliche with secondary nodulization by recrystallization (PNS). The recrystallization still permits recognition of microsparitic nodules (N) limited by sparite (E) with impregnations of iron oxides.

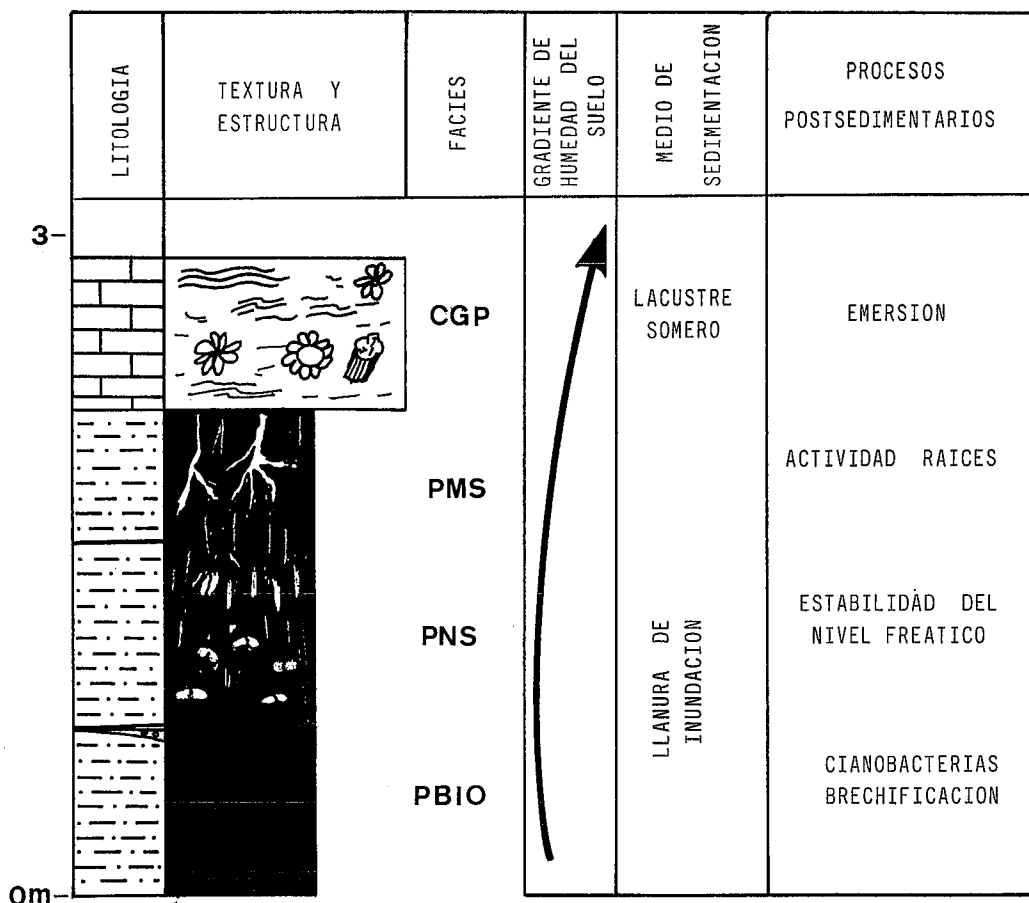


Fig. 7.-Asociación de facies del tipo A. con sus características sedimentológicas más relevantes.  
 Fig. 7.-Type A facies profile. Association showing their main sedimentological features

Julia y Calvet (1981), está ligado a la actividad radicular de las plantas, situándose alrededor o directamente encima de las raíces. La concentración de estos grumos guarda estrecha relación con las zonas de penetración de las raíces (Harrison, 1977).

3.3.3. Caliche bréchico-intraclástico-oidal (PBIO). En campo es de color ocre claro con un moteado centimétrico subredondeado de color marrón oscuro.

Al microscopio se diferencian, al menos, dos texturas (Figs. 6 A y 6 B): a) textura packstone secundaria donde se reconocen partículas subredondeadas de 0,05 a 0,6 mm de tamaño, formadas por un mosaico de microesparita fina. La porosidad interpartícula se rellena por esparita, a veces, con cristales de pequeño tamaño. El contenido en granos de cuarzo es muy bajo: siempre inferior al 2 %.

b) Textura grainstone secundaria: presenta límites erosivos con la primera (atribuibles posiblemente a un proceso de brechificación). Está constituida por partículas microesparíticas sucias subredondeadas cuyos tamaños oscilan entre 0,04-0,7 mm y el contenido en granos de cuarzo es inferior al 4 %.

Interpretación: La existencia de dos texturas diferentes refleja la actuación de dos procesos de calichificación correlativos (Figs. 6 A y 6 B). El primero y el más antiguo, contiene ooides como resultado de la acreción y recubrimiento de un componente cualquiera afectado por filamentos fúngicos y cianobacterias según los casos (Julia y

Calvet, 1981). Estos componentes son característicos de la zona más superior de un perfil de carbonatación (Read, 1974). Para otros autores (Reeves 1970; 1976, Braithwaite 1975) su génesis está relacionada directamente con las oscilaciones de un clima estacional.

La segunda fase de la génesis de este caliche se caracteriza por la acumulación de clastos carbonatados en el perfil tras la brechificación, segregación y transporte de otro perfil de carbonatación. Su origen bréchico informa sobre las transformaciones sufridas por un sustrato siliciclástico en un punto muy próximo a la superficie, por procesos mecánicos de agrietamiento (brechificación) en los periodos secos, y de su posterior fragmentación y transporte en las épocas húmedas, por las aguas de escorrentía que retrabajan y erosionan la acumulación anterior y los detritos son incorporados a un nuevo sedimento.

3.3.4. Caliche con nodulización secundaria por recristalización (PNS). En campo presenta con colores blanquecinos con moteados subredondeadas de gran tamaño (3 cm ó más) de color anaranjado.

Al microscopio está constituido por un mosaico microesparítico homogéneo y uniforme donde apenas puede reconocerse los componentes originales del sedimento. La recristalización señala nódulos subredondeados de 1mm a más de 1cm de diámetro que se corresponden con fragmentos transportados y retrabajados de caliche bréchico intraclástico ooidal incorporados al nuevo sedimen-

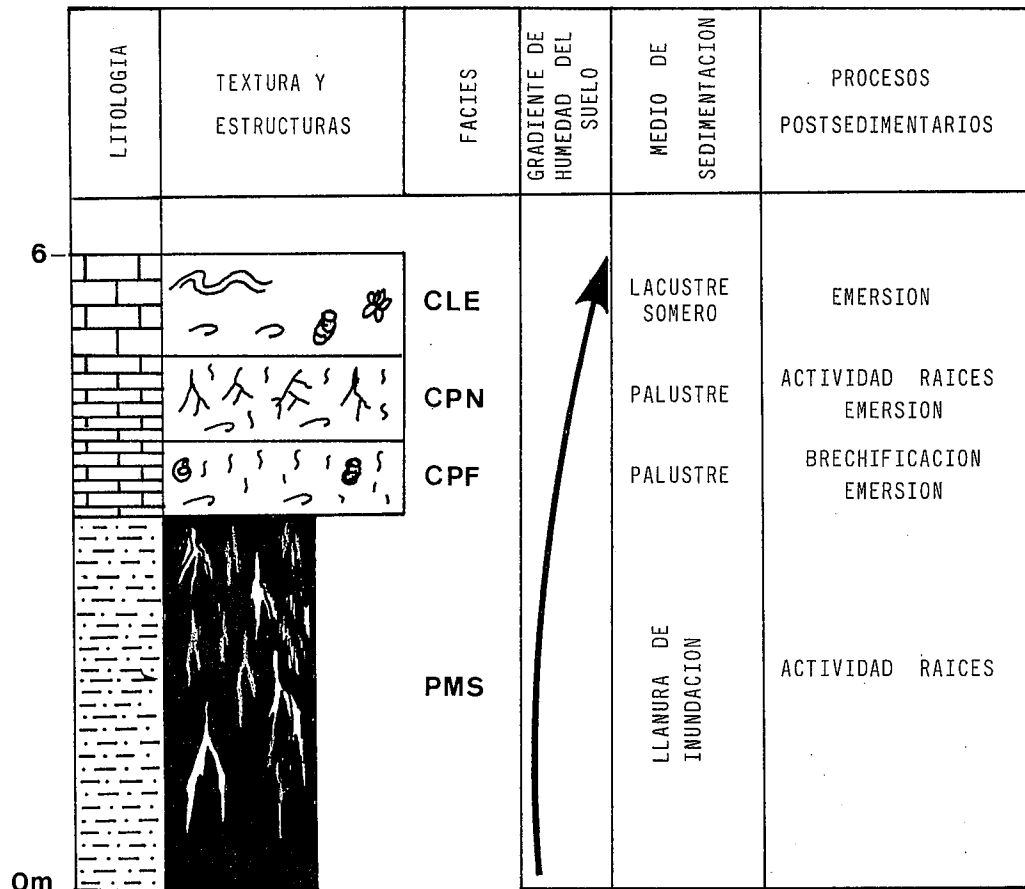


Fig. 8.—Asociación de facies del tipo B, con sus características sedimentológicas más relevantes.

Fig. 8.—Type B facies profile. Association showing their main sedimentological features.

to (Fig. 6 C). En ciertos puntos la nodulización por recristalización es tan intensa que se forma una textura masiva microesparítica, que puede posteriormente brechificarse (Fig. 6 D).

Interpretación: La recristalización en zonas preferentes está ligada a una situación de hidromorfia inmóvil del suelo (Freytet y Plaziat, 1982). El hecho de que este tipo de recristalización esté afectando a los de tipo brechico intraclástico ooidal hace pensar que su larga evolución en el tiempo haya permitido alcanzar este grado de desarrollo tan avanzado.

### 3.3.5. Implicaciones climáticas de las acumulaciones edáficas de carbonato cálcico: Caliche.

Si se tienen en cuenta las aportaciones de Goudie (1972) sobre las implicaciones climáticas deducidas del estudio de caliches terciarios y cuaternarios, se puede concluir que las acumulaciones de carbonato anteriormente expuestas tienen lugar bajo climas con prolongados periodos de sequía. Ello implica dos posibles situaciones: que existan corrientes continuas de agua en la cuenca sedimentaria, pero localizadas lo suficientemente lejos como para que no afecten directamente a estos, o bien que el encharcamiento producido por estas corrientes de agua durante los desbordamientos de los canales principales en épocas de lluvias, sea de escasa entidad y con aportaciones de sedimentos casi nulas.

En el segundo proceso, la transferencia de carbona-

to se produce por ascenso capilar del agua del suelo durante períodos relativamente secos. Cuando las condiciones climáticas llegan al momento álgido de su aridez se produce la saturación y precipitación allí donde la tasa de evaporación es igual al grado de ascenso capilar. En este proceso la vegetación juega un importante papel en la distribución del agua radicular y freática. La precipitación puede producirse alrededor de las raíces en la zona de ascenso capilar, existiendo una relación directa entre el espesor de la acumulación de carbonato y la cantidad de vegetación existente (Semeniuk y Meagher, 1981).

La ausencia de costra laminada horizontal en todos los tipos de caliches estudiados puede deberse a la existencia de un buen drenaje (Reeves, 1970) que evitaría la precipitación de carbonato en el límite roca/aire en la época más seca.

La presencia de arcillas fundamentalmente detríticas y otras como el grupo de las esmectitas, asociadas a las transformaciones de la illita al techo de la secuencia litológica indican un ambiente sedimentario poco confinado y con gran movilidad.

Se puede concluir que el enriquecimiento en carbonato cálcico se produce en condiciones de alta tasa de evaporación, bajo un clima en el que alternan periodos secos y húmedos. Durante estos últimos tiene lugar el transporte de bicarbonato cálcico desde las áreas madres Mesozoicas, situadas muy próximas al punto de sedimentación, precipitando en el suelo como carbonato cálcico donde se

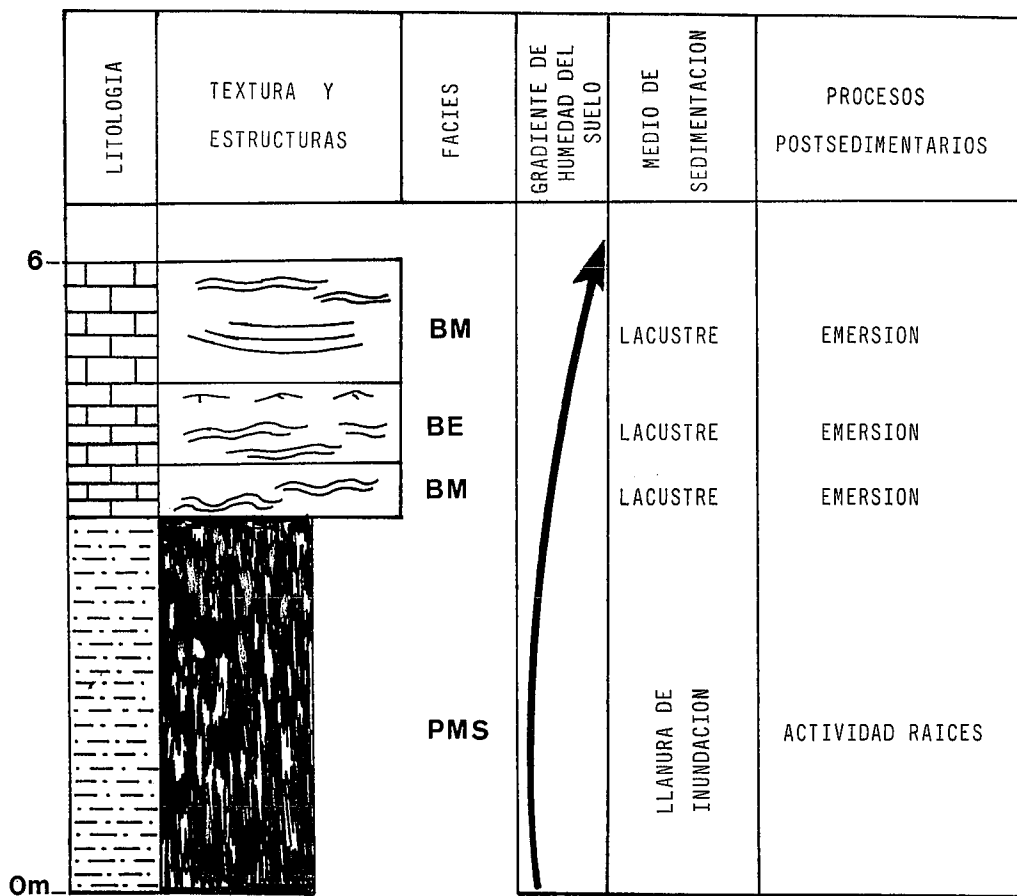


Fig. 9.-Asociación de facies del tipo C. con sus características sedimentológicas más relevantes.  
 Fig. 9.-Type C facies profile. Association showing their main sedimentological features.

ve sometido al influjo de la actividad bioquímica de rizolitos, y microorganismos de la capa vegetal existente. Estos procesos son similares a los propuestos por Armenteros y Alonso Gavilán (1983, 1984) para sedimentos neógenos en el área de Aranda de Duero.

**4. ASOCIACIONES CARACTERISTICAS E IMPLICACIONES ESTRATIGRAFICAS Y SEDIMENTOLOGICAS**

Partiendo de las observaciones de campo y apoyadas por las texturas y microtexturas obtenidas del análisis de las láminas delgadas se pudo establecer una sucesión vertical de facies que se agrupan entre ellas formando secuencias elementales que se repiten en la vertical de los afloramientos, unas veces completas, otras incompletas o truncadas.

En líneas generales, se aprecia una estrecha relación entre la facies de caliche, en cualquiera de sus tipos y el resto de las facies (palustres y lacustres someras). La facies de caliche (P) constituye siempre la base de la asociación y las segundas el techo, separadas por planos de estratificación muy marcados. Ello implica que en todas las asociaciones siempre están registrados, por un lado un proceso sedimentario y otro de edafización que dará origen a las facies de caliche, y otro de sedimentación y posterior edafización que generarán las facies palustres y la-

custres. En ambos casos la edafización acentuará y modificará las características distintivas de los sedimentos, aunque la intensidad y naturaleza de los procesos edáficos sea diferente para ambas facies.

Se han diferenciado tres asociaciones de facies, localizadas en los siguientes perfiles: asociación A (Fig. 7) localizada en el perfil B (Fig. 3), asociación B (Fig. 8) localizada en los perfiles C1 y C2 (Fig. 3), y asociación C (Fig. 9) localizada en los perfiles D1 y D2 (Fig. 3).

El perfil A está constituido por una asociación fundamentalmente detrítica, razón por la cual no se incluye en este trabajo, aunque localmente se desarrolle como única facies carbonatada un caliche incipiente sobre sustrato arenoso (PI).

4.1. Asociación A = P-CGP (Caliche- Caliza grueso peletoidal). (Fig. 7). El conjunto alcanza una potencia inferior a los 3 m. Esta asociación se encuentra restringida a la unidad caliche de Osma.

En esta asociación los procesos de formación de la facies P, caliche, son transformaciones químicas de sedimentos siliciclásticos anteriores en los que se da una acumulación de carbonato cálcico mientras que en la facies CGP (caliza grueso peletoidal), el proceso de acumulación de carbonato es autóctono, bioinducido en charcas de pequeñas dimensiones y aguas claras. Los depósitos de caliza grueso peletoidal siempre están afectados por procesos diagenéticos posteriores.



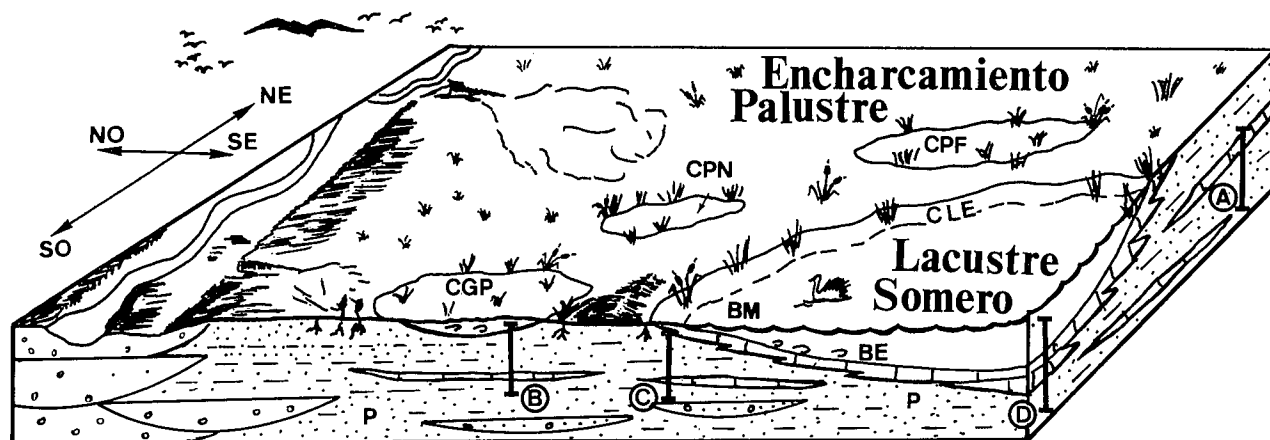


Fig. 10.-Modelo paleogeográfico conceptual con la situación idealizada de los perfiles estudiados, y de las facies definidas.

Fig. 10.-Schematic model of the Neogene deposits showing the inferred distribution of the main sedimentary subenvironments.

Esta asociación marca periodos de no sedimentación (P) muy abundantes y repetitivos en el tiempo, de manera que se puede diferenciar el desarrollo sucesivo en la vertical de diversos caliches: caliche bréichico-intraclástico-oidal (PBIO), caliche con nodulización secundaria por recristalización (PNS) y caliche masivo con textura mudstone secundaria (PMS), seguido de un episodio de sedimentación química y orgánica (calizas) en pequeñas lagunas de aguas carbonatadas y claras que permiten el desarrollo de estructuras algales.

El carácter efímero de estas charcas facilita que, en las eventuales emersiones que sufre el substrato por el descenso de la lámina de agua provocado por la evaporación de ésta, se agriete y sufra un proceso de rotura, erosión y pequeño transporte provocado por las corrientes que drenan la llanura de inundación en las épocas de lluvias, o bien por la rotura de diques en el canal principal con el consiguiente encharcamiento de la llanura de inundación y alimentación de las charcas.

En consecuencia, esta asociación indica una llanura de inundación alejada de la red fluvial activa y de los canales principales. En los periodos de inundación en las zonas cercanas a éstos se producirán encharcamientos de carácter efímero, que proveerán del fluido necesario para que en las más alejadas se desarrolle un caliche, que en todos los casos presenta un desarrollo complejo y lo suficientemente duradero para poder permitir su evolución.

4.2. Asociación B = P-CPF-CPN-CLE (Caliche-caliza palustre con nodulizaciones férricas-caliza palustre nodulizada-caliza laminada estromatolítica) (Fig. 8). La máxima potencia observada en campo ha sido de 6 m y caracteriza a la Unidad Areniscas de San Esteban de Gormaz, donde está ampliamente distribuida. Esta asociación no se encuentra generalmente completa y frecuentemente faltan los términos del techo. Sin embargo cuando aparece completa señala una clara evolución en la llanura de inundación desde condiciones de no sedimentación y acumulación de carbonato bajo el influjo de las raíces (caliche masivo con textura mudstone secundaria), a otras de encharcamiento efímero (caliza palustre con nodulizaciones

férricas y caliza palustre nodulizada) y un medio lacustre somero (caliza laminada estromatolítica).

La asociación de caliche y calizas con rasgos palustres representan ambientes diferentes pero próximos, desarrollados en una llanura de inundación bastante estable, sometida a las oscilaciones de un clima estacional marcado, y sufriendo invasiones esporádicas de los desbordamientos de los canales fluviales que en este caso estarían suficientemente alejados.

Esta llanura de inundación, de escasa topografía, está condicionada por las fluctuaciones del nivel freático y las charcas se ven sometidas a episodios de desecación, que provocan transformaciones químicas ligadas a los cambios de pH-Eh que traen como resultado una migración y redistribución de los componentes ferruginosos y del carbonato.

La repetición en el tiempo de esta asociación y el aumento del porcentaje de los depósitos de calizas hacia el techo parece indicar que estas lagunas comienzan a perder su carácter efímero (la lámina de agua se hace más estable), convirtiéndose en áreas lacustres someras de escasa energía lo cual permite el desarrollo de abundantes estructuras estromatolíticas.

En definitiva, representa la instalación en zonas de llanura de inundación que han sufrido un largo periodo de no sedimentación, de lagos poco profundos con márgenes fluctuantes y que van adquiriendo mayor estabilidad con el paso del tiempo.

4.3. Asociación C = P-BM-BE (Caliche-Biomicroita-Bioesparita algal) (Fig. 9).- Caracteriza al tramo calizo de la Unidad Conglomerados de Valdecastilla. En la base de la asociación siempre está la facies de caliche (P) y sobre ella se sitúan alternándose las facies Bm y Be y los límites entre los depósitos de calizas biomicroíticas y bioesparíticas. En conjunto la asociación presenta una potencia entre 2 y 6 m.

Localmente en las facies de calizas lacustres someras, (BM y BE), se observan estratificaciones cruzadas, y rotura de las mallas algales a veces cóncavas que hace suponer la existencia de corrientes de pequeña entidad capa-

ces de desintegrar las estructuras algales. La génesis de estas corrientes podría estar ligada tanto a movimientos del fluido dentro del lago como a corrientes externas. Los datos de campo aportan muy poca información por lo que no nos decidimos a decantarnos por una u otra posibilidad.

Esta asociación representa una sedimentación lacustre somera en zonas de llanura de inundación.

La presencia de la facies P (caliche masivo con textura mudstone secundaria, PMS) en la base de la asociación, indica que tras un período de no sedimentación, que ha permitido el desarrollo de una cobertera vegetal, se instalan lagunas someras, donde la precipitación de carbonato bioinducida es la contribución más importante a la sedimentación lacustre.

## 5. SINTESIS DE LOS RESULTADOS

Las tres asociaciones de facies definidas se presentan en el campo siguiendo un orden vertical y cada una de ellas caracteriza a una de las unidades diferenciadas. Este hecho induce a pensar que los acontecimientos y procesos sedimentarios registrados en los depósitos acontecieron por igual, de forma relativa, en toda la cuenca de sedimentación.

En concreto para cada unidad establecida, los caliches desarrollados denotan ambientes áridos ligados a las oscilaciones del clima reinante. Estas variaciones provocan cambios sustanciales en el sistema ecológico y una truncación en el proceso genético de acumulación de carbonato cálcico en el suelo. Ello explica que la asociación dominante en cada unidad litoestratigráfica no muestre nunca una cadencia exacta. Se halla incompleta, truncada o compuesta, y puede ser hallada en cualquier estadio de su desarrollo evolutivo. Este hecho se ve favorecido por los procesos de erosión acaecidos en los estadios de crecidas del sistema fluvial con la consiguiente invasión de la llanura de inundación y el aumento relativo del gradiente de humedad del suelo. En consecuencia, estos hechos inducen a pensar que la evolución del perfil de carbonatación está controlado por variables de rango mayor tales como la inestabilidad de la red fluvial ocasionada por los sucesivos periodos de crecidas y estiaje del sistema fluvial.

Dado que la carbonatación afecta tanto a depósitos de canal activo como a los de llanura de inundación indica que el proceso de encostramiento no es selectivo y que la carbonatación es un proceso fisico-químico que tiene lugar a partir de soluciones descendentes (Gile et al., 1966). La existencia de laminaciones, microfilamentos calcificados, agregados fibroradiales, peloides, textura perlítica, y de rizolitos pone de manifiesto la actividad de microorganismos actuando en un sedimento parcialmente carbonatado y con un gradiente de humedad relativamente alto.

Por último, la existencia de caliches brechificados, clastos de costra dentro de otra, fisuración circumnodular, agrietamiento y retracción del sedimento con crecimiento de cristales de calcita en fisuras hace suponer que el suelo se vio sometido a la acción de un proceso de fluctuaciones de los niveles freáticos con circulación de aguas vadosas y en condiciones de un gradiente de humedad menor.

Por otro lado, las asociaciones de facies presentan en común la presencia de calizas a techo. Esta característica indica un aumento progresivo de la humedad y encharcamiento del suelo, llegando a existir acumulaciones de agua. La estabilidad de estas masas de agua se va acentuando hacia el techo de la columna estratigráfica.

El hecho de que en las unidades superiores las asociaciones tiendan a presentarse completas o más evolucionadas nos indica un progresivo aumento de las condiciones lacustres tanto en su extensión como persistencia en el tiempo. En consecuencia, se asiste a un reemplazamiento de las condiciones palustres por lacustres, quizá coincidiendo con una mayor persistencia de la actividad fluvial o una mayor estabilidad de la red lo que implica un clima más húmedo que contribuya a que la red fluvial tenga un carácter permanente.

Si bien es la Unidad Caliche de Osma (Mioceno inferior) la que presenta un espesor más desarrollado de sedimentos palustres representados por diversos tipos de caliche, se puede afirmar que es en la Unidad de San Esteban de Gormaz (Mioceno medio-superior) donde la lámina de agua aunque oscilante es más permanente, dentro de las condiciones palustres en las que se desarrolla. Finalmente es en el Tramo calizo de la Unidad Conglomerados de Valdecastilla donde podemos afirmar que se implantan condiciones lacustres.

Todo lo cual concuerda con el establecimiento paulatino desde el Oligoceno superior de una estacionalidad marcada por el mayor desarrollo y persistencia en el tiempo de una estación seca (López Martínez *et al.*, 1987) con periodos más húmedos.

## BIBLIOGRAFIA

- Arakel, A. V. (1982): Genesis of calcrete in Quaternary soil profiles, Hutt and Leman Lagoons, Western Australia. *Jour. Sed. Petrol.* 52: 109-125.
- Armenteros, A. I. (1986): Estratigrafía y sedimentología del Neógeno del sector noroccidental de la depresión del Duero. *Publ. Diputación de Salamanca. Serie Castilla y León*, 426 p.
- Armenteros, A. I. y Alonso Gavilán, G. (1983): Presencia de caliche fósil en el Mioceno aluvial al S. de Aranda de Duero. *Comunicaciones al X Congr. Nac. Sedimentología*. Menorca: 6.6-6.10
- Armenteros, A. I. y Alonso Gavilán, G. (1984): Génesis y evolución de los caliches Miocenos del sureste de la Depresión del Duero. *Estudios Geol.* 40: 153-163.
- Arribas, M. E., Fernández, J. y García-Aguilar, J. M. (1988): Análisis sedimentológico de los materiales lacustres (Formación de Gorafe-Huelago) del sector central de la Depresión de Guadix. *Estudios Geol.*, 44: 61-73.
- Bodegart, A. M. (1974): Les Microcodiums milieux et modes de developpment. *Doc. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon.* 62: 137-235.
- Braithwaite, C. C. Jr. (1975): Petrology of paleosols and other terrestrial sediments on Aldabra, Western Indian Ocean. *Phil. Trans. Roy. Ast. Soc. London B*, 273:1-32.
- Brewer, R. (1964): *Fabric and mineral analysis of soils*. Wiley, New York. 490 p.
- Flügel, E. (1982): *Microfacies Analysis of limestones*. Springer-Verlag. 633 p.
- Freyet, P. (1971): Paléosols résiduels et paléosols alluviaux hydromorphes associés aux dépôts fluviaux dans le Crétacé



- supérieur et L'éocène basal du Languedoc. *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn.* (2) 13: 245-268.
- Freytet, P. (1973): Petrography and paleoenvironment of continental carbonate deposits particular reference to the Upper Cretaceous and Lower Eocene of Languedoc. *Sedim. Geol.*, 10: 25-60.
- Freytet, P. (1984): Les sédiments lacustres carbonatés et leurs transformations par émergence et pédogénese. Importance de leur identification pour les reconstitutions paléogéographiques. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*. 8: 223-247.
- Freytet, P. y Plaziat, J. C. (1965): Importances des constructions algaires dues à des Cyanophycées dans les formations continentales du Crétacé supérieur et de l'Eocène de Languedoc. *Bull. Soc. Géol. France*. 7 (7): 679-694.
- Freytet, P. y Plaziat, J. C. (1982): Continental carbonate sedimentation and pedogenesis. Late Cretaceous and early Tertiary of southern France. *Contrib. Sediment.* Stuttgart. 12. 212 p.
- García del Cura, M.A. (1974): Estudio sedimentológico de los materiales terciarios de la zona centro oriental de la cuenca del Duero (Aranda de Duero). *Estudios Geol.* 30: 579-597.
- García del Cura, M. A. y López Aguayo, F. (1974): Estudio mineralógico de las facies detrítico calcáreas del terciario de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero). *Estudios Geol.* 30: 503-513.
- Gile, L.H., Peterson, F.F. y Grossman, R.B. (1966): Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. *Soil Science*, 101: 347-360.
- Goudie, A. (1972): The chemistry of world calcrete deposits. *Jour. Geol.* 80: 449-463.
- Goudie, A. (1973): *Duricrusts in Tropical and subtropical landscapes*. Carendon Press, Oxford. 174 p.
- Goudie, A. (1983): Calcrete. In: *Sediments and geomorphology*. 93-132. Academic Press. Oxford.
- Harrison, R. S. (1977): Caliche profiles: indicators of near-surface subaerial diagenesis, Barbados, Westindies. *Bull. Can. Petrol. Geol.* 25, 1:123-173.
- Julia, R. y Calvet, F. (1981): Descripción e interpretación de las texturas y microtexturas de caliches recientes del Camp de Tarragona y Penedés (Catalunya). *Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España* 3: 61-96.
- Larque, PH. y Weber, F. (1975): Technique de preparation des mineraux argileux en vue des l'analyse par diffraccion des rayons. *Notes techniques des L'institut de géologie* 1, 27 p. Université Louis Pasteur. Strasbourg.
- Lopez Martínez, N., Agusti, J., Cabrera, L., Calvo, J. P., Civis, J., Corrochano, A., Daams, R., Díaz, M., Elizaga, E., Hoyos, M., Martínez, J., Morales, J., Portero, J. M., Robles, F., Santiesteban, C. y Torres, T. (1987): Approach to the spanish continental Neogene synthesis and palaeoclimatic interpretation. Proceeding of the 8th R. C. M. N. S. Congr. Budapest. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hungar.* 70: 383-393.
- Murphy, D. H. y Wilkinson, B. H. (1980): Carbonate deposition and facies distribution in a central Michigan marl lake. *Sedimentology*. 27: 125-134.
- Nickel, E. (1983): Environmental significance of freshwater oncoïdes, Eocene Guarga Formation, Southern Pyrenees, Spain. In: *Coated grains* (T. Peryt, Ed) 308-328. Springer-Verlag. Berlin.
- Oliveros, J., Escandell, B. y Colom, G. (1960): Temas geológicos de Mallorca. *Mem. Inst. Geol. Min. España*. 61. 407 p.
- Ordóñez, S. y García del Cura, M. A. (1976): Estudio de las facies detríticas del Terciario continental del sector oriental de la cuenca del Duero. *Estudios Geol.* 32: 179-188.
- Ramos Martín, M. C. y Alonso Gavilán, G. (1990): Sedimentología y paleogeografía del terciario en el área de San Esteban de Gormaz-El Burgo de Osma (Soria). *Rev. Soc. Geol. España*. 3: 167-179.
- Read, J. F. (1974): Calcrete deposits and Quaternary sediments, Edel province, Shark Bay, Western Australia. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 22:250-282.
- Reeves, C. C. Jr. (1970): Origin, classification and geologic history of caliche on the sothern High Plains, Texas and eastern New Mexico. *Jour. Geol.* 78: 352-362.
- Reeves, C. C. Jr. (1976): *Caliche origin, classification morphology and uses*. Estocado Books, Lubbock, Texas. 233 p.
- Semeniuk, V. y Meagher, T. D. (1981): Calcrete in Quaternary coastal dunes in southwestern Australia: a capillary-rise phenomenon associated with plants. *Jour. Sed. Petrol.* 51: 47-68.

Recibido el 7 de mayo de 1992  
Aceptado el 31 de julio de 1992